ChinaXiv合作期刊

chinaXiv:201711.01817v1

环模模孔参数对颗粒饲料加工质量及肉鸡生长性能的影响[1]

王　昊[1]　于纪宾[1]　于治芹[1]　李　俊[1]　李军国[1,2*]

（1.中国农业科学院饲料研究所，北京　100081；2.农业部饲料生物技术重点实验室，北京　100081）

摘　要：本试验旨在研究环模模孔参数对颗粒饲料加工质量及肉鸡生长性能的影响。通过固定模孔直径（3 mm）改变模孔长径比（6:1、8:1、10:1）以及固定模孔长径比（10:1）改变模孔直径（3.0、3.5、4.0 mm），生产 5 种不同直径及硬度的肉鸡颗粒饲料。选取 864 只体重相近的 21 日龄爱拔益加(AA)肉鸡，随机分成 6 组，每个组 8 个重复，每个重复 18 只。Ⅰ~Ⅴ组分别饲喂模孔直径和长径比分别为 3.0 mm 和 6:1、3.0 mm 和 8:1、3.0 mm 和 10:1、3.5 mm 和 10:1、4.0 mm 和 10:1 的颗粒饲料；Ⅵ组分 2 阶段饲喂，22~35 日龄饲喂模孔直径和长径比为 3.0 mm 和 10:1 颗粒饲料，36~42 日龄饲喂模孔直径和长径比为 4.0 mm 和 10:1 颗粒饲料。试验期 21 d。结果表明：1）模孔直径相同时，颗粒硬度随着模孔长径比的增加而极显著提高（P<0.01）；模孔长径比相同时，颗粒硬度随着模孔直径的增加而极显著提高（P<0.01）。各组颗粒耐久性指数（PDI）无显著差异（P>0.05），且都高于 95%。2）模孔直径相同时，随着颗粒硬度的增加，肉鸡终末体重、平均日增重均逐渐降低，料重比逐渐升高。Ⅰ组的终末体重和平均日增重显著或极显著高于Ⅲ组（P<0.05 或 P<0.01），Ⅰ组料重比显著低于Ⅱ、Ⅲ组（P<0.05）。3）模孔长径比相同时，各组终末体重、平均日增重和平均日采食量均无显著差异（P>0.05）；随着颗粒直径的增加料重比逐渐降低，且Ⅲ组料重比显著高于Ⅴ组（P<0.05）。综上所述，模孔长径比和直径的增大均会显著提高颗粒硬度。在一定范围内，提高颗粒硬度会使肉鸡终末体重和平均日增重降低，料重比升高，而增大颗粒直径则会使料重比降低。

关键词：环模参数；肉鸡；颗粒饲料；加工质量；生长性能

中图分类号：S831　　　　　　　　文献标识码：

近年来国内外大量试验研究表结果表明，在肉鸡养殖过程中颗粒饲料相对粉状饲料能获得更好的平均日增重（ADG）和更低的料重比（F/G）[1-3]。肉鸡颗粒饲料的加工主要采用蒸汽调质、环模制粒的工艺。而环模参数的调整将改变颗粒饲料的直径及硬度，进而对肉鸡的生长性能产生影响。因此，选择适宜直径和硬度的颗粒饲料对于肉鸡养殖工作具有重要意义。

谭鹤群等[4]在研究制粒工艺参数对肉鸡生长性能影响的结果认为，小模孔直径生产的颗粒饲料比大模孔直径生产的颗粒饲料表现出更好的饲养效果。然而，也有研究认为用大直径颗粒饲料饲喂的肉鸡，其饲料报酬、饲料摄取量和增重与小直径颗粒饲料饲喂的肉鸡相比没有差别，实际应用较理想[5]。张振征等[6]进行了肉鸡 28 日龄后改变颗粒饲料大小的对比试验，也认为小颗粒饲料对采食量无显著影响。在饲料颗粒硬度方面，孙永泰[7]认为采用相同孔径而长径比不同的环模制成的颗粒饲料，其硬度随着模孔长径比的增大而显著增大。车璐等[8]研究

收稿日期：2017-03-01

基金项目：现代农业产业技术体系北京市家禽创新团队项目；公益性行业（农业）科研专项“饲料高效低耗加工技术研究与示范（201203015）”

作者简介：王　昊（1992—），男，辽宁阜新人，硕士，从事饲料加工与营养的研究。E-mail: wanghaocaas@163.com

*通信作者：李军国，研究员，硕士生导师，E-mail: lijunguo@caas.cn

也发现，增加模孔长径比，可减少颗粒饲料横截面上产生的横贯裂纹，改善颗粒饲料适口性和外观。但陈中兵等[9]研究指出，过高的颗粒硬度会使饲料适口性及消化率降低，因此加工颗粒饲料需要适宜的硬度。

近年来已有大量关于调质阶段原料粉碎粒度、水分含量、调质温度对于颗粒饲料质量及肉鸡生长性能影响的研究，但有关颗粒直径、尤其是颗粒硬度对其影响的报道较少。因此，本试验旨在研究环模模孔参数对颗粒饲料加工质量及 21~42 日龄肉鸡生长性能的影响，为肉鸡颗粒饲料的生产加工提供参考。

1　材料与方法

1.1　试验设计及饲料加工参数

本试验通过固定模孔直径（3 mm）改变模孔长径比（6:1、8:1、10:1）以及固定模孔长径比（10:1）改变模孔直径（3.0、3.5、4.0 mm），生产 5 种不同硬度及直径的肉鸡颗粒饲料。选取 864 只体重相近的 21 日龄爱拔益加(AA)肉鸡，随机分为 6 个组，每个组 8 个重复，每个重复 18 只。各组具体饲料加工参数见表 1。Ⅰ~Ⅴ组分别饲喂模孔直径和长径比分别为 3.0 mm 和 6:1、3.0 mm 和 8:1、3.0 mm 和 10:1、3.5 mm 和 10:1、4.0 mm 和 10:1 的颗粒饲料；Ⅵ组分 2 个阶段饲喂，22~35 日龄饲喂模孔直径和长径比为 3.0 mm 和 10:1 颗粒饲料，36~42 日龄饲喂模孔直径和长径比为 4.0 mm 和 10:1 颗粒饲料。试验采用同一基础饲粮，试验期 21 d。

表 1　饲料加工参数

Table 1　Processing parameters of feed

加工条件 Processing condition	组别 Groups Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅵ
大宗原料粉碎筛片孔径 The aperture of mill shattering raw materials/mm	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
模孔直径 Die hole diameter/mm	3.0	3.0	3.0	3.5	4.0	3.0、4.0
模孔长径比 Die hole length-radial ratio	6:1	8:1	10:1	10: 1	10:1	10:1
调质温度 Conditioning temperature/℃	75	75	75	75	75	75

1.2　基础饲粮

饲粮在北京市密云县昕三峰饲料厂加工生产，基础饲粮组成及营养水平见表 2。

表 2　基础饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 2　Composition and nutrient levels of the basal diet (air-dry basis)　　　%

项目 Items	含量 Content
原料 Ingredients	
玉米 Corn	60.34
豆粕 Soybean meal	28.42
菜籽粕 Rapeseed meal	5.00
豆油 Soybean oil	2.24
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	1.34
石粉 Limestone	1.33
食盐 NaCl	0.35
DL-蛋氨酸 *DL*-Met	0.24
L-苏氨酸 *L*-Thr	0.03

chinaXiv:201711.01817v1

预混料 Premix	1.00
氯化胆碱 Choline chloride （50%）	0.20
合计 Total	100.00
营养水平 Nutrient levels	
代谢能 ME/(MJ/kg)	12.71
粗蛋白质 CP	18.98
钙 Ca	0.90
总磷 TP	0.65
有效磷 AP	0.40
赖氨酸 Lys	1.00
蛋氨酸 Met	0.386
蛋氨酸+半胱氨酸 Met+Cys	0.689

预混料为每千克饲粮提供 The premix provided the following per kg of the diet：VA 8 000 IU，VD_3 750 IU，VE 15 IU，VK_3 0.5 mg，VB_1 2.0 mg，VB_2 5.0 mg，泛酸 pantothenic acid 10.0 mg，烟酸 nicotinic acid 30.0 mg，VB_6 3.5 mg，生物素 biotin 0.05 mg，叶酸 folic acid 0.55 mg，VB_{12} 0.01 mg，胆碱 choline 1 000 mg，Fe 80 mg，Cu 8.0 mg，Zn 80 mg，Mn 100 mg，I 0.7 mg，Se 0.3 mg，黄霉素 flavomycin 4 mg，盐霉素 salinomycin 50 mg。

chinaXiv:201711.01817v1

1.3 饲养管理

试验在中国农业科学院南口中试基地进行，除饲料外其他养殖条件相同。试验前对鸡舍进行全面消毒，试验方式为笼养，饲养管理参照《AA 肉鸡饲养管理手册》，试验肉鸡自由采食和饮水，并有专人负责管理，少添勤喂，注意肉鸡的生长状况。

1.4 检测指标与方法

1.4.1 颗粒硬度

颗粒硬度的测定参照《饲料检验化验员》中颗粒饲料硬度的测定方法[10]。

1.4.2 颗粒耐久性指数（PDI）

将 500 g 已过筛除去细粉的样品放进颗粒耐久性测试装置中翻转 10 min，取出样品，过筛称量剩余的颗粒饲料重量，按下列公式计算出 PDI：

PDI(%)=（翻转后颗粒饲料的重量/翻转前颗粒饲料的重量）×100。

1.4.3 生长性能指标

于肉鸡 42 日龄晚上开始控料，饮水自由，于肉鸡 43 日龄早上逐只称重，以重复为单位计算各组试验鸡的终末体重（FBW）。

准确记录每天加料重量，出现死鸡时截料称重，于肉鸡 42 日龄晚上控料，准确称取各重复余料，计算总耗料量。

平均日采食量（ADFI）=总耗料量/（试验鸡只数×试验天数）；

平均日增重=总增重/(试验鸡只数×试验天数);

料重比=总耗料量/总增重。

1.5 数据处理

试验数据以平均值±标准差表示，所有数据用SAS 9.2软件进行单因素方差分析（one- way ANOVA），Duncan氏多重比较法检验组间差异的显著性，显著性和极显著性水平分别为P<0.05和P<0.01。

2 结果与分析

2.1 不同环模参数对颗粒饲料加工质量的影响

由表 3 可以看出，颗粒硬度随着模孔直径和长径比的增加而极显著增加（P<0.01），V

ChinaXiv合作期刊

组最高，达到 69.39 N。当模孔直径不变时，模孔长径比越大则 PDI 越高；模孔长径比不变时，模孔直径越大则 PDI 越低，但各组之间 PDI 无显著差异（P>0.05），且均在 95%以上。

表 3　不同环模参数对颗粒饲料加工质量的影响

Table 3　Effects of circular mold parameter on processing quality of pellet feed

组别 Groups	模孔直径 Diameter of die hole/mm	模孔长径比 Length-radial ratio of die hole	颗粒硬度 Pellet hardness/N	颗粒耐久性指数 PDI/%
Ⅰ	3.0	6:1	43.60±3.98[A]	95.94±0.05
Ⅱ	3.0	8:1	49.23±4.58[B]	96.28±0.17
Ⅲ	3.0	10:1	54.19±5.74[C]	96.37±0.10
Ⅳ	3.5	10:1	61.75±5.76[D]	96.13±0.12
Ⅴ	4.0	10:1	69.39±6.90[E]	95.94±0.07

同列数据肩标不同小写字母表示差异显著（P<0.05），不同大写字母表示差异极显著（P<0.01），相同或无字母表示差异不显著（P>0.05）。下表同。

In the same column, values with different small letter superscripts mean significant difference (P<0.05), and with different capital letter superscripts mean significant difference (P<0.01), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference (P>0.05). The same as below.

2.2　不同环模参数对肉鸡生长性能的影响

2.2.1　饲料颗粒硬度对肉鸡生长性能的影响

由表 4 可以看出，随着饲料颗粒硬度的增加，肉鸡终末体重、平均日增重均逐渐降低，料重比逐渐升高。Ⅰ组的终末体重最高，为 2.57 kg，显著高于Ⅲ组（P<0.05）；Ⅰ组平均日增重显著高于Ⅱ组（P<0.05），极显著高于Ⅲ组（P<0.01）。各组平均日采食量无显著差异（P>0.05）。Ⅰ组料重比显著低于Ⅱ、Ⅲ组（P<0.05）。以上试验结果表明，颗粒直径相同时，饲料颗粒硬度过高不利于肉鸡生长。

表 4　饲料颗粒硬度对肉鸡生长性能的影响

Table 4　Effects of pellet hardness of feed on growth performance of broilers

组别 Groups	模孔长径比 Length-radial ratio of die hole	初始体重 IBW/kg	终末体重 FBW/kg	平均日增重 ADG/g	平均日采食量 ADFI/g	料重比 F/G
Ⅰ	6:1	0.88±0.05	2.57±0.07[a]	80.26±2.13[Aa]	165.27±4.13	2.06±0.06[a]
Ⅱ	8:1	0.90±0.03	2.47±0.12[ab]	74.53±6.17[ABb]	163.16±10.24	2.19±0.09[bc]
Ⅲ	10:1	0.90±0.03	2.43±0.08[b]	73.29±3.30[Bb]	164.53±3.81	2.25±0.08[c]

2.2.2　饲料颗粒直径对肉鸡生长性能的影响

由表 5 可以看出，除了分阶段饲喂的Ⅵ组，随着饲料颗粒直径的增加，各组终末体重、平均日增重和平均日采食量均无显著差异（P>0.05），但终末体重和平均日增重呈现逐渐升高的趋势，料重比呈现逐渐下降的趋势。Ⅵ组肉鸡经分阶段饲喂后终末体重、平均日增重、平均日采食量和料重比与其他各组无显著差异（P>0.05）。Ⅲ组的料重比高于其他各组且显著高于Ⅴ组（P<0.05）。以上试验结果表明，4 mm 直径颗粒饲料与 3 mm 直径颗粒饲料相比具有更好的饲喂效果。

表 5　饲料颗粒直径对肉鸡生长性能的影响

Table 5　Effects of pellet diameters of feed on growth performance of broilers

组别 Groups	颗粒直径 Pellet diameter/ mm	初始体重 IBW/kg	终末体重 FBW/kg	平均日增重 ADG/g	平均日采食量 ADFI/g	料重比 F/G
Ⅲ	3.0	0.90±0.03	2.43±0.08	73.29±3.30	164.53±3.81	2.25±0.08[a]

chinaXiv:201711.01817v1

ChinaXiv合作期刊

Ⅳ	3.5	0.91±0.02	2.51±0.09	76.13±4.65	165.64±7.14	2.18±0.12^{ab}
Ⅴ	4.0	0.90±0.02	2.52±0.08	77.23±3.99	164.77±7.08	2.13±0.05^{b}
Ⅵ	3.0、4.0	0.90±0.06	2.49±0.15	75.64±4.64	166.54±8.57	2.20±0.08^{ab}

3 讨 论

3.1 环模模孔参数对颗粒饲料加工质量的影响

硬度是颗粒饲料外观质量的重要指标，它与粉化率及饲料利用率直接相关，如何调控饲料颗粒的硬度是一些生产厂家和科研工作者正在积极探索的问题[7]。

本试验通过改变模孔长径比和直径，使饲料颗粒硬度产生极显著变化。模孔直径不变时，模孔长径比越小，制粒过程压力越小，物料在模孔中越易于挤压，生产率越高，但硬度较低且粉化率高[11]。反之，模孔长径比越大则物料在孔中不易被挤出，生产率小，颗粒坚硬，粉化率低。当模孔长径比不变时，饲料颗粒硬度随着模孔直径的增加而提高，这与于翠平等[12]在颗粒饲料质量的控制研究中得出的观点相一致。分析原因可能是在模孔长径比一定的情况下，大直径颗粒饲料中原料颗粒之间的作用力、黏结程度及堆积密度与小直径颗粒饲料相同，但是同样长度内所含原料量较多，所以提高了单一颗粒的整体黏结程度及硬度。大量研究表明，PDI与颗粒硬度呈正相关，本试验中由于颗粒硬度较高，导致PDI较高且均在95%以上，所以各组之间无显著差异，但变化趋势与前人研究相一致。

3.2 饲料颗粒硬度对肉鸡生长性能的影响

对于家禽饲料来说，饲料颗粒应有足够的硬度以保证较低的粉化率从而减少运输、储存过程中的损耗[13]。调整模孔长径比可以生产出不同硬度的颗粒饲料，饲料颗粒硬度对于肉鸡的营养物质消化率以及生长性能均有一定程度的影响。有研究认为，在一定范围内增加饲料颗粒硬度对于肉鸡的生长性能具有促进作用，这可能是由于增加饲料颗粒硬度使粉化率降低从而提高了饲料利用率。但过高的饲料颗粒硬度反而会使饲料适口性及消化率降低[9]，这说明饲料颗粒硬度需要控制在一个合理的范围内才能达到最好的饲喂效果。从肉鸡自身结构及消化特性来讲，其口腔中无牙齿，唾液腺不发达，嗉囊起到贮藏食物并分泌液体软化饲料的作用。肉鸡腺胃体积小，食物在其中停留的时间较短[14]，因此饲料在进入小肠之前的分解消化时间是很有限的。高硬度的颗粒可能不易于被消化道软化和分解，因此限制了营养物质在肠道的吸收效率，进而造成肉鸡生长性能下降。本试验中饲喂效果最好的饲料与其他饲料相比PDI无显著差异但硬度较低，这与前人的研究结果相近。说明在保证PDI足够的情况下，适当降低颗粒硬度可改善肉鸡生长性能，根据GB/T 16765-1997《颗粒饲料通用技术条件》中规定，肉鸡料粉化率应≤10%，即PDI应≥90%。目前关于饲料颗粒硬度变化对肉鸡生长性能影响的研究及报道较少，因此其影响规律以及具体原因还有待进一步探究。

3.3 饲料颗粒直径对肉鸡生长性能的影响

辜新贵等[15]通过对雏鸡消化道发育与营养消化吸收特点的研究认为，雏鸡消化能力的提高非常迅速，21日龄对淀粉的消化率高于85%。这说明肉鸡22~42日龄消化系统已基本发育完善，可较为充分地对饲料中营养成分进行消化吸收。所以相较于淀粉糊化度等指标，此时饲料颗粒的大小可能对其生长性能具有更为显著的影响。

适宜的饲料颗粒大小有利于鸡胃肠道的发育，改善饲料利用率，从而提高生长性能[16]。Abdollahi等[17]在不同长度及直径颗粒饲料对肉鸡生长性能影响的试验中发现，饲喂直径为4.76 mm颗粒饲料组肉鸡的22~42日龄料重比较直径为3.00 mm颗粒饲料组显著降低，后续的重复试验[18]也获得了相似的结果。但谭鹤群等[4]在试验中采用3 mm模孔直径制粒，肉鸡平均日增重比4.8 mm模孔直径制粒提高了5.0%，料重比降低了4.5%。本试验中，模孔长径比不变时，4 mm模孔直径组料重比显著低于3 mm模孔直径组，这与Abdollahi等[17]的结果具有一致性。Ⅵ组实行分阶段饲喂后，肉鸡生长性能介于3和4 mm模孔直径组之间，并且与2组相比差异均

chinaXiv:201711.01817v1

不显著。上述试验结果说明在一定条件下，适当增加颗粒直径可以改善肉鸡生长性能，但是分阶段饲喂无显著效果。此结果与王卫国[13]、谭鹤群等[4]的研究结果不同，这可能是硬度或其他加工条件（如调质温度、原料粉碎粒度、水分含量等）与饲料颗粒直径之间的交互作用所导致，大量试验证明，改变加工条件对肉鸡生长性能同样具有显著的影响。

4 结 论

① 在环模制粒过程中，模孔直径不变时，颗粒硬度随着模孔长径比的增加而极显著提高；模孔长径比不变时，颗粒硬度随着模孔直径的增加而极显著提高。

② 颗粒硬度在一定范围内增加会导致肉鸡终末体重和平均日增重降低，料重比升高。因此，在保证PDI≥90%的情况下，应选择较低颗粒硬度的饲料进行饲喂。

③ 适当增大饲料颗粒直径对肉鸡生长性能具有改善作用，但分阶段饲喂效果不明显，而且由于使用大孔径环模可以相对降低设备能耗、提高生产效率，所以本试验认为生产肉鸡颗粒饲料选用 4 mm 环模直径为宜。

参考文献：

[1] KILBURN J,EDWARDS H J Jr.The response of broilers to the feeding of mash or pelleted diets containing maize of varying particle sizes[J].British Poultry Science,2001,42(4):484–492.

[2] CHEWNING C G,STARK C R,BRAKE J.Effects of particle size and feed form on broiler performance[J].Journal of Applied Poultry Research,2012,21(4):830–837.

[3] LILLY K G S,GEHRING C K,BEAMAN K,et al.Examining the relationships between pellet quality,broiler performance,and bird sex[J].Journal of Applied Poultry Research,2011,20(2):231–239.

[4] 谭鹤群,宗力,熊先安.制粒工艺参数对肉鸡生产性能的影响[J].粮食与饲料工业,1999(9):29–30.

[5] 李朝国.饲料颗粒大小对肉鸡的影响[J].饲料研究,1985(2):8.

[6] 张振征,马军,谭秀永.肉鸡 28 日龄后改变颗粒饲料大小的对比试验[J].山东畜牧兽医,2015(2):73.

[7] 孙永泰.如何调控颗粒饲料的颗粒硬度[J].江西饲料,2011(5):31–32.

[8] 车璐,贺磊,韩晓华,等.改进工艺提高颗粒饲料品质[J].江西饲料,2014(6):27–29.

[9] 陈中兵.影响颗粒饲料加工的因素及相关工艺[J].粮食与饲料工业,1998(8):21–22.

[10] 顾君华.饲料检验化验员[M].北京:中国农业出版社,2010:89–90.

[11] 赵桂红,黄香文.如何控制制粒工艺,提高颗粒饲料的品质[J].养殖技术顾问,2005(5):46–47.

[12] 于翠平,赵红月,黄进,等.颗粒饲料质量的控制研究[J].饲料研究,2013(11):83–86.

[13] 王卫国.饲料粉碎粒度最新研究进展[J].粮食与饲料工业,2001(11):16–19.

[14] ZISWILER V,FARNER D S.Digestion and the digestive system[M]//FARNER D S,KING J R.Avian biology.New York,NY:Academic Press,1972:343–430.

[15] 辜新贵,王启军,周樱,等.雏鸡消化道发育与营养消化吸收特征[J].广东畜牧兽医科技,2010,35(6):11–15.

chinaXiv:201711.01817v1

ChinaXiv合作期刊

[16] 刘蓓一,徐恒,王志跃.饲料颗粒大小对鸡生产性能和饲料消化能力的影响[J].饲料工业,2008,29(11):54–56.

[17] ABDOLLAHI M R,RAVINDRAN V.Influence of pellet length changes at 4,5 and 6 weeks of age and two pellet diameters on growth performance and carcass characteristics of broiler finishers[J].Animal Production Science,2014,54(7):950–955.

[18] ABDOLLAHI M R,RAVINDRAN V,WESTER,T J,et al.The effect of manipulation of pellet size (diameter and length) on pellet quality and performance,apparent metabolisable energy and ileal nutrient digestibility in broilers fed maize-based diets[J].Animal Production Science,2013,53(2):114–120.

Effects of Ring Die Parameter on Pellet Quality and Growth Performance of Broilers

WANG Hao[1] YU Jibin[1] YU Zhiqin[1] LI Jun[1] LI Junguo[1,2*]

（1. *Feed Research Institute*, *Chinese Academy of Agriculture Sciences*, *Beijing* 100081, *China*; 2. *Key Laboratory of Feed Biotechnology of Ministry of Agriculture*, *Beijing* 100081, *China*）

Abstract: This experiment was conducted to study the effect of ring die parameter on pellet quality and growth performance of broilers. By fixing the diameter of die hole (3 mm) and changing the length-radial ratio of die hole (6:1, 8:1 and 10:1), fixing length-radial ratio of die hole (10:1) and changing diameter of die hole (3.0, 3.5 and 4.0 mm) to produce 5 kinds of pellets feed with different diameter and hardness. A total of 864 broilers with similar body weight were randomly allocated into 6 groups with 8 replicates per group and 18 broilers per replicate. Broilers in the groups Ⅰ to Ⅴ were fed the pellet feed which the diameter and length-radial ratio of die hole were 3.0 mm and 6:1, 3.0 mm and 8:1, 3.0 mm and 10:1, 3.5 mm and 10:1, 4.0 mm and 10:1, respectively; broilers in the group Ⅵ were fed the pellet feed which the diameter and length-radial ratio of die hole were 3.0 mm and 10:1 at 22 to 35 days of age, and 4.0 mm and 10:1 at 36 to 42 days of age. The experiment lasted for 21 days. The results showed as follows: 1) in the same diameter of die hole, the pellet hardness was significantly increased with the length-radial ratio of die hole increased (P<0.01). In the same length-diameter ratio of die hole, the pellet hardness was significantly increased with the diameter of die hole increased (P<0.01). There was no significant difference on pellet durability index (PDI) among all groups （P>0.05）, and all PDI was hi

chinaXiv:201711.01817v1

ChinaXiv合作期刊

gher than 95%. 2) In the same diameter of die hole, with the pellet hardness increased, the final body weight and average daily gain were decreased, while the ratio of feed to gain were increased. The final body weight and average daily gain of group Ⅰ were significantly higher than those of group Ⅲ （P<0.05 or P<0.01）, the ratio of feed to gain of group Ⅰ was significantly lower than that of groups Ⅱ and Ⅲ （P<0.05）. 3) In the same length-diameter ratio of die hole, there were no significant differences on the final body weight, average daily gain and average daily feed intake among all groups （P>0.05）. The ratio of feed to gain was decreased with the diameter of die hole increased, and the ratio of feed to gain of group Ⅲ was significantly higher than that of group Ⅴ （P<0.05）. In conclusion, the length-radial ratio and diameter of die hole can significantly increase the pellet hardness. In a certain scope, increasing pellet hardness can reduce the final body weight and average daily gain, raise the ratio of feed to gain, while increasing the pellet diameter can decrease the ratio of feed to gain.

Key words: ring die parameter; broilers; pellet feed; processing quality; growth performance

chinaXiv:201711.01817v1

---

*Corresponding author, professor, E-mail: lijunguo@caas.cn

（责任编辑　武海龙）